



### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo financiero del Fondo de Contravalor de Japón, bajo el proyecto “Fortalecimiento de la actividad camaronera para mejorar los niveles productivos en zonas de pobreza extrema”.

---

**Directora de Investigación**

**MSc. Agnés Saborío Coze.**

**Investigadores**

*Lic. María José Almanza Abud.*

*T. M. Erick Sandoval Palacios.*

**Colaboradores**

*Ing. Juan Ramón Bravo G.*  
*Fabricio Contreras Benavides.*

*Laura Martínez Hernández.*

*Lic. Alberto Obregón M.*

---

**Edición y diseño**

*Lic. Nelvia Hernández L.*

*Lic. Zunilda Castellanos C.*

**Resumen**

El presente estudio determina la calidad de agua desde el punto de vista físico-químico y microbiológico del afluente y efluente (Estero Real) en catorce granjas camaroneras ubicadas en la parte este del Estero Real, manejadas en tres diferentes sistemas de cultivo: sistema artesanal, extensivo y semi-intensivo en un ciclo de cultivo. En el sistema artesanal la calidad del agua desde el punto de vista físico-químico fue la misma al momento de la siembra y cosecha de los estanques, la presencia de coliformes totales y fecales fue menor en el agua en el momento de la cosecha. En el sistema extensivo la calidad del agua descargada hacia el efluente fue mejor que la utilizada para llenar los estanques de cultivo de camarón, los nutrientes y metabolitos tóxicos se mantuvieron dentro de los valores normales. En el sistema semi-intensivo la calidad del agua con respecto a los nutrientes y metabolitos tóxicos fue mejor al momento de la cosecha que en la siembra, se observó una mayor presencia de coliformes totales y fecales en el agua de los estanques drenada hacia el Estero Real.

**Referencia Bibliográfica**

CIDEA-UCA. 2002. Calidad de agua en efluentes y afluentes de catorce granjas camaroneras. Managua, Nicaragua. 39 pp.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>4</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	4
3.2 LOCALIZACIÓN .....	6
3.2.1 Macro Localización.....	6
3.2.2 Micro Localización .....	6
3.3 MUESTREO .....	8
3.3.1 Recolección de muestras .....	8
3.3.2 Transporte de muestras .....	8
3.4 METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO PARA ANALISIS DE MUESTRASMICROBIOLÓGICAS .....	8
3.5 METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO PARA ANÁLISIS DE MUESTRAS FÍSICO-QUÍMICO.....	8
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>9</b>
4.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS.....	9
4.1.1 Siembra de las granjas.....	9
4.1.2 Cosecha de las granjas .....	10
4.2 DISCUSIÓN: COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES MICROBIOLÓGICAS .....	10
4.3 RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS .....	13
4.3.1 Siembra de las granjas.....	13
4.3.2 Cosecha de las granjas .....	14
4.4 COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LA SIEMBRA Y LA COSECHA. ....	14
4.2.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos por sistema de cultivo. ....	18
4.2.3 Concentraciones promedio de los diferentes sistemas de cultivo. ....	27
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>34</b>

## I.- INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón es una actividad económica creciente a nivel de Centroamérica, considerándose la acuicultura como una de las fuentes alternativas de ingreso.

Tradicionalmente, Nicaragua ha sido un país eminentemente agrícola ganadero con una actividad de pesca extractiva en ambos océanos. Sin embargo, el cultivo del camarón inició en 1988 con el apoyo de FAO realizándose una aproximación evaluativa de los terrenos aptos para dicha actividad en la costa del Pacífico. Los resultados indicaron que un área de aproximadamente 39,250 hectáreas eran aptas para el cultivo de camarón, de las cuales el 72% se concentraba en la zona del Estero Real en el Golfo de Fonseca (Saborío, 2001:2).

El municipio de Puerto Morazán es el lugar donde inició la actividad camaronera del país y en donde actualmente se concentra el mayor número de unidades productivas.

Actualmente existen 9,351 hectáreas en producción, de las cuales 1,123 son manejadas bajo sistema artesanal; 2,634 bajo sistema extensivo; 5,592 bajo sistema semi-intensivo (el más utilizado) y 2 hectáreas bajo el sistema ciclo cerrado. Cada uno de ellos emplea diferentes sistemas de manejo los cuales varían desde sistemas de bajos insumos hasta sistemas con cero recambios de agua manejados de manera intensiva para un ciclo de producción (Saborío, 2000:2).

El medio ambiente en un estanque de camarón es básicamente suelo y agua y los factores que más afectan al camarón son las variables de calidad de suelo y agua. Los efluentes de las granjas pueden causar efectos adversos en las aguas costeras con el incremento de nutrientes, materia orgánica y sólidos suspendidos. Sin embargo, el efecto negativo de los efluentes es menor si las granjas son adecuadamente manejadas y si se mantienen buenas condiciones en la calidad del agua y suelo.

El presente estudio pretende determinar el estado de la calidad de agua del afluente (agua que ingresa a una granja camaronera) y efluente (agua que sale de una granja camaronera) desde el punto de vista físico-químico y microbiológico para un ciclo de cultivo en catorce granjas camaroneras manejadas bajo diferentes sistemas de producción.

## II.- OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Determinar la calidad del Agua en catorce granjas camaroneras desde el punto de vista físico-químico y Microbiológico.

### 2.2 Objetivos específicos

- Verificar la calidad del agua mediante análisis físico-químico y microbiológico en catorce granjas camaroneras en la siembra y la cosecha.
- Identificar posibles agentes contaminantes provenientes de desechos orgánicos.
- Identificar la presencia o ausencia de la bacteria *Vibrium* sp.
- Analizar el comportamiento de los nutrientes y metabolitos tóxicos en el agua.

## III.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Área de Estudio

La investigación se realizó en catorce granjas camaroneras ubicadas en diferentes puntos del Estero Real, dichas granjas se seleccionaron de acuerdo al sistema de cultivo (intensivo, semi-intensivo, extensivo) para determinar el comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, entendiéndose como:

- Sistema Artesanal: no hay suministro de alimento, densidad de siembra menor a cinco postlarvas por metro cuadrado ( $5 \text{ pl/m}^2$ ), no hay fertilización.
- Sistema Extensivo: suministro de alimento de forma irregular, densidad de siembra mayor a cinco postlarvas por metro cuadrado ( $> 5 \text{ pl/m}^2$ ) baja cantidad de fertilizante.
- Sistema Semi-Intensivo: suministro de alimento y fertilizante, densidad de siembra mayor a siete postlarvas por metro cuadrado ( $> 7 \text{ pl/m}^2$ ), recambio de agua.

#### Sistema de cultivo artesanal

- **Granja Maria Garay:** Cuenta con un estanque de 48 Has., emplea un sistema de cultivo artesanal, densidad de siembra de  $4.57 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento y fertilizante, recambio de agua.
- **Granja Rubén Darío 1:** Cuenta con un estanque de 50 Has., emplea un sistema de cultivo artesanal, densidad de siembra de  $4.57 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento y fertilizante, recambio de agua.

- **Granja Rubén Darío 2:** Cuenta con un estanque de 49 Has., emplea un sistema de cultivo artesanal, densidad de siembra de  $4.58 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento y fertilizante, recambio de agua

#### Sistema de cultivo extensivo

- **Granja La Amistad:** Cuenta con un estanque de 12 Has., emplea un sistema de cultivo extensivo, densidad de siembra de  $6.6 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento de forma irregular y baja cantidad de fertilizante.
- **Granja Lucrecia Lindo:** Cuenta con un estanque de 80 Has., emplea un sistema de cultivo extensivo, densidad de siembra de  $7 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento de forma irregular y baja cantidad de fertilizante.
- **Granja El Porvenir:** Cuenta con un estanque de 105 Has., emplea un sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $6.0 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento y fertilizante, recambio de agua.

#### Sistema de cultivo semi-intensivo

- **Granja Las Brisas:** Cuenta con un estanque de 13 Has., emplea sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $12 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento y fertilizante, recambio de agua.
- **Granja Camarones de Morazán:** Cuenta con un estanque de 30 Has., emplea sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $9.6 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento y fertilizante, recambio de agua.
- **Granja Edgard Lang:** Cuenta con un estanque de 12 Has., emplea sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $9.2 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento de forma irregular y baja cantidad de fertilizante.
- **Granja Bernardino Díaz:** Cuenta con un estanque de 10 Has., emplea sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $9.5 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento de forma irregular y baja cantidad de fertilizante.
- **Granja Codecan:** Cuenta con un estanque de 40 Has., emplea sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $8.8 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento de forma irregular y baja cantidad de fertilizante.
- **Granja Nicolás Chávez:** Cuenta con un estanque de 60 Has., emplea sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $9.0 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento de forma irregular y baja cantidad de fertilizante.
- **Granja Herrera Membreño:** Cuenta con un estanque de 60 Has., emplea sistema de cultivo semi-intensivo, densidad de siembra de  $8.0 \text{ pl/m}^2$ , suministro de alimento de forma irregular y baja cantidad de fertilizante.

- ## 3.2 Localización

[illegible]

**Fuente: (Curie, 1991)**

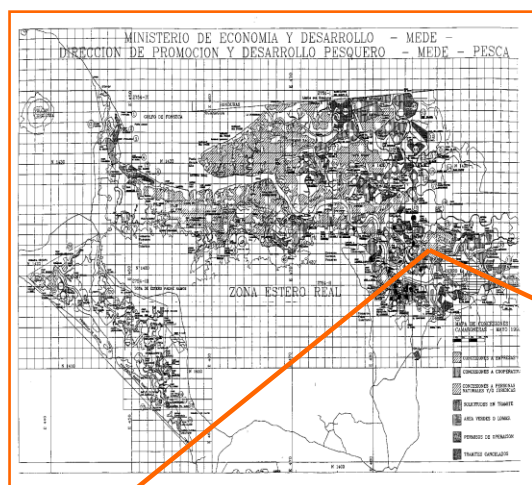
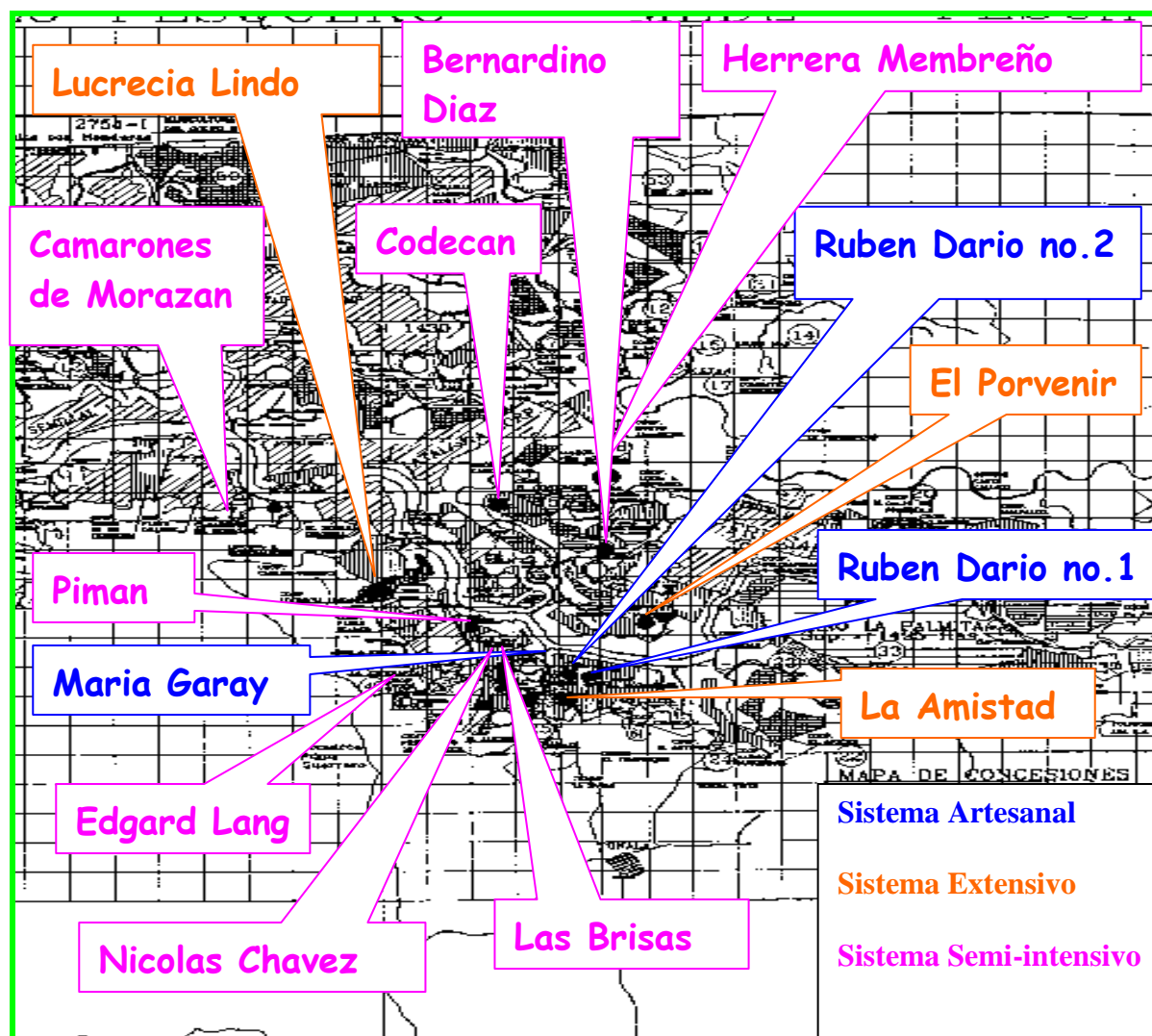


Figura 2. Ubicación de granjas en estudio





### 3.3 Muestreo

#### 3.3.1 Recolección de muestras

**Muestras de agua para análisis físico-químico:** Para la recolección de las muestras se utilizaron frascos de polietileno, limpios, secos con sus respectivas tapas y debidamente etiquetados. Los frascos se sumergieron a una profundidad de 30 cm a lo largo de la columna de agua. Las etiquetas contenían: nombre de la granja, número de estanque, fecha y hora en que se tomó la muestra.

**Muestras de agua para análisis microbiológico:** Para la recolección de las muestras microbiológicas se utilizaron frascos estériles, los que se sumergieron a una profundidad de 30 cm a lo largo de la columna de agua. Las etiquetas contenían: nombre de la granja, número de estanque, fecha y hora en que se tomó la muestra.

#### 3.3.2 Transporte de muestras

Las muestras de agua se transportaron al laboratorio en hieleras opacas cubiertas totalmente de hielo. Al llegar las muestras al laboratorio, se escogieron dos muestras al azar y se midió la temperatura. Las muestras fueron transferidas inmediatamente a la refrigeración para mantener una temperatura de 4<sup>a</sup> C hasta su análisis.

### 3.4 Metodologías de Diagnóstico para análisis de muestras microbiológicas

Variables analizadas para caracterizar la calidad del agua desde el punto de vista microbiológico:

- Coliformes Totales y Fecales
- Recuento Total Bacteriano
- Determinación de Salmonella sp.
- Determinación de Vibrium sp. en agua
- Determinación de Vibrium cholerae en agua

Los métodos estándares de análisis de microbiología de agua, son los descritos en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Th Edition. Microbiological Methods (Collins, 1976:131). Analizados en el laboratorio de Microbiología del Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos.

### 3.5 Metodología de Diagnóstico para análisis de muestras físico-químico

Se realizaron análisis de Amonio (NH<sub>3</sub>-N) método de la sal fenol, Nitrato (NO<sub>3</sub>-N) por reducción a nitrito en la columna de reducción por cadmio, Nitrito (NO<sub>2</sub>-N) método colorimétrico (Shinn, 1941), Fósforo total, Sulfato (SO<sub>4</sub>), por el método turbidímetro, Alcalinidad por el método Titulo métrico, Dureza total por Titulación con EDTA y Sedimento.

La metodología utilizada para análisis físico-químicos es del manual de la universidad de Alabama “Water Quality and Pond Soil Analices for Aquaculture” por los Dr. Claude E. Boyd and Tucker Craig S., de Alabama Agriculture Experimental Station, Auburn, University (Junio 1992).

Los métodos de referencia son los métodos estándares de análisis de Laboratorio: “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Th Edition (American Public

Association, 1998:1-22). Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Química de agua del Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados Microbiológicos

#### 4.1.1 Siembra de las granjas

**Tabla 1. Resultados microbiológicos del agua en la siembra de los estanques**

Granja / Sistema de cultivo	Rect. total bact. UFC/100ml	Rect. Colif. Tot. NMP/100ml	Rect. Colif. Fec. NMP/100ml	Vibrio sp. UFC/100ml	Vibrium cholerae
<b>Sistema Artesanal</b>					
María Garay	$2.5 \times 10^4$	460	240	$5 \times 10^1$	Negativo
Rubén Darío 1	$2.7 \times 10^4$	150	43	1	Negativo
Rubén Darío 2	$2.2 \times 10^4$	1100	1100	1	Negativo
<b>Sistema Extensivo</b>					
La Amistad	$1.6 \times 10^4$	1100	240	1	Negativo
Lucrecia Lindo	$6.0 \times 10^3$	210	75	1	Negativo
El porvenir	$1.8 \times 10^4$	+1100	1100	1	Negativo
<b>Sistema Semi-intensivo</b>					
Las Brisas	$4.0 \times 10^4$	1100	240	$2 \times 10^1$	Negativo
Camarones de Morazán	$1.6 \times 10^4$	+1100	+1100	$3.2 \times 10^1$	Negativo
Edgar Lang	$3.0 \times 10^4$	+1100	1100	10	Negativo
Bernardino	$1.4 \times 10^2$	23	3	1	Negativo
Codecan	$1.0 \times 10^4$	1100	93	$3.5 \times 10^1$	Negativo
Nicolás Chávez	$3.7 \times 10^2$	240	210	$1 \times 10^1$	Negativo
Herrera Membreño	$3.0 \times 10^2$	1100	1100	1	Negativo
Pimán	$6.5 \times 10^4$	1100	1100	$1 \times 10^4$	Negativo
<b>Valor Normal USEPA</b>	<b><math>&lt; 1.0 \times 10^5</math></b>	<b>&lt;43</b>	<b>&lt;43</b>	<b>&lt; 100UFC/ml</b>	<b>0 UFC</b>

## 4.1.2 Cosecha de las granjas

Tabla 2. Resultados microbiológicos del agua en la cosecha de los estanques.

Granja/ Sistema de cultivo	Rect.Total bact. UFC/100ml	Rect. col. Tot. MP/100ml	Rect. Colif. Fec. NMP/100 ml	Vibrium sp UFC/100ml	Vibrium Cholerae	Salmonella
<b>Sistema Artesanal</b>						
María Garay	$1.7 \times 10^4$	+1100	+1100	$2.0 \times 10^3$	Negativo	Negativo
Rubén Darío 1	$3.0 \times 10^3$	+1100	+1100	$1.2 \times 10^2$	Negativo	Negativo
Rubén Darío 2	$1.4 \times 10^5$	460	460	6 UFC	Negativo	Negativo
<b>Sistema Extensivo</b>						
La Amistad	$4.5 \times 10^2$	150	120	$1.0 \times 10^2$	Negativo	Negativo
Lucrecia Lindo	$1.0 \times 10^2$	43	28	1	Negativo	Negativo
El porvenir	$1.4 \times 10^2$	1100	1100	1	Negativo	Negativo
<b>Sistema Semi-Intensivo</b>						
Las Brisas	$5.9 \times 10^2$	150	150	$1.0 \times 10^2$	Negativo	Negativo
Camarones de Morazán	$3.2 \times 10^3$	43	43	10 UFC	Negativo	Negativo
Edgar Lang	$3.4 \times 10^5$	+1100	210	No se aisló	Negativo	Negativo
Bernardino	$5.6 \times 10^5$	+1100	+1100	No se aisló	Negativo	Negativo
Codecan	$1.0 \times 10^6$	460	240	87 UFC	Negativo	Negativo
Nicolás Chávez	$2.1 \times 10^3$	460	120	$2.5 \times 10^2$	Negativo	Negativo
Herrera Membreño	$1.1 \times 10^2$	460	460	1	Negativo	Negativo
Pimán	$4.0 \times 10^3$	290	290	$2.0 \times 10^2$	Negativo	Negativo
<b>Valor Normal USEPA</b>	<b><math>&lt; 1.0 \times 10^5</math></b>	<b>&lt;43</b>	<b>&lt;43</b>	<b>&lt; 100UFC/ml</b>	<b>0 UFC</b>	<b>0 UFC</b>

## 4.2 Discusión del comportamiento de las variables microbiológicas en la siembra y cosecha de los estanques

Un 42.85% de las granjas presentaron una leve reducción de sus niveles de coliformes totales y fecales. Sin embargo, estos valores se mantuvieron en valores mayores a los admisibles por la USEPA.

Un 21.42% de las granjas en la siembra presentaron una calidad de agua más deteriorada en comparación con la calidad del agua observada en la cosecha.

Un 21.42 % de las granjas mantuvieron sus niveles de coliformes totales y fecales casi estables en comparación con los niveles observados en la siembra, sin embargo los niveles observados son elevados en la mayoría de las muestras.

Un 14.28% de las granjas lograron reducir a niveles normales las concentraciones bacterianas en sus aguas al momento de la cosecha. Se puede decir que existe un deterioro de la calidad del agua debido a la presencia de material orgánico de origen humano y animal.

En las granjas Lucrecia Lindo y Camarones de Morazán se observó que en la siembra los valores de

coliformes totales y fecales estaban elevados pero en la cosecha los valores fueron normales lo que indica un buen manejo y cuidado de la calidad del agua.

En las granjas El Porvenir, Edgard Lang y Nicolás Chávez los resultados se mantuvieron similares durante la siembra y la cosecha.

### **Sistema artesanal**

En las granjas Rubén Darío no. 1, Rubén Darío no. 2, y María Garay se pudo observar que en la siembra de los estanques las variables de recuento total bacteriano y *Vibrio sp.* se encontraron dentro de los valores normales establecidos por la USEPA. No detectándose la presencia de *Vibrium Cholerae*.

En la granja Rubén Darío no 1, se pudo observar en el agua del estanque en El momento de la siembra niveles de coliformes totales un poco elevados de los rangos permitidos por la USEPA, sin embargo los coliformes fecales se encontraron dentro de los valores normales establecidos por la USEPA, mientras que en la granja Rubén Darío no.2 los niveles de coliformes totales y fecales estaban demasiado elevados al momento de la siembra de los estanques. Estos valores fueron los más elevados dentro de la tabla de conteo de los coliformes, no siendo así para la granja María Garay donde los niveles de coliformes fecales y totales estaban elevados pero sus rangos eran un poco más bajos que los de la granja Rubén Darío no. 2. Por lo tanto, se puede decir que el agua utilizada para llenar los estanques de cultivo de camarón (Estero Real) presentó concentraciones elevadas de coliformes totales y fecales que sobrepasaron al valor normal según USEPA.

Con respecto a la cosecha se observó que en la granja Rubén Darío no.1 los niveles de coliformes totales y fecales se elevaron hasta su máximo valor contable, siendo estos valores mucho más altos que los observados al momento de la siembra, mientras que en la granja Rubén Darío no. 2 los niveles de coliformes totales y fecales disminuyeron con respecto al valor observado durante la siembra pero aún se consideran elevados con relación al valor normal, la granja María Garay presentó valores demasiado elevados que sobrepasaron el valor normal, siendo estos valores mucho más elevados de los que tuvieron al momento de la llena y los cuales también estaban elevados. A su vez, se observó un incremento en la concentración de *Vibrium sp.* En estas granjas no se detectó la presencia de las bacterias *Salmonella sp* y *Vibrium Cholerae*.

Un 66.6 % de las granjas del sistema artesanal aumentaron a niveles extremadamente altos las concentraciones de coliformes fecales y totales al momento de la cosecha y solamente un 33.3 % de las granjas lograron reducir sus niveles de concentración bacteriana de coliformes durante la cosecha.

### **Sistema extensivo**

En las granjas Lucrecia Lindo, El Porvenir y La Amistad durante la siembra de los estanques los valores de recuento total bacteriano y *Vibrium sp* se encontraron dentro de los valores normales establecidos por la USEPA. No se detectó la presencia de la bacteria *Vibrium Cholerae* en ninguna de estas granjas.

En la granja El Porvenir se observó que los valores de coliformes totales y fecales fueron demasiado elevados sobrepasando el valor normal, sin embargo en las granjas Lucrecia Lindo y La Amistad los coliformes fecales presentaron un valor bajo en comparación con los valores de la granja el

Porvenir, pero estos valores sobrepasaron el valor normal. La calidad del agua utilizada para llenar los estanques de cultivo se vio afectada por la presencia de coliformes totales y fecales que superaron al valor normal establecido.

Durante la cosecha de los estanques la calidad del agua en la granja el Porvenir presentó las mismas condiciones que tuvo al momento de la llena, con valores extremadamente elevados de coliformes totales y fecales, sin embargo en la granja Lucrecia Lindo la calidad del agua que descargó hacia el estero presentó valores normales de coliformes totales y fecales, con una absoluta disminución de sus concentraciones de coliformes totales y fecales en la granja La Amistad hubo una drástica disminución de los coliformes totales ya que estos al momento de la siembra estaban en el nivel más elevado de concentración y durante la cosecha se observaron muy por debajo de esas concentraciones pero aun así estaban demasiado elevados del valor normal mientras que los coliformes fecales también sufrieron una disminución que no fue tan drástica y sus concentraciones siempre estuvieron muy por encima del valor normal. No se logró detectar la presencia de *V. Cholerae* y *Salmonella* al momento de la cosecha en ninguna de las granjas que emplearon el sistema de cultivo extensivo.

Un 33.3 % de las granjas del sistema extensivo aumentaron a niveles extremadamente altos de concentraciones de coliformes totales y fecales al momento de la cosecha y un 66.6% de las granjas de este sistema de cultivo logró disminuir considerablemente estos valores al momento de la cosecha.

### **Sistema Semi - intensivo**

Durante la siembra de los estanques la granja Bernardino Díaz presentó en el agua concentraciones normales de coliformes totales y fecales, no siendo así para el resto de granjas que emplearon el mismo sistema de cultivo. Sin embargo los rangos de recuentos total bacteriano y *Vibrio sp.* se encontraron dentro de los valores normales en todas las granjas a excepción de la PIMAN que presentó niveles elevados de *Vibrium sp.* En ninguna de estas granjas se detectó la presencia de *Vibrium Cholerae*.

Las concentraciones de coliformes totales y fecales se encontraron por arriba del valor normal en la gran mayoría de las granjas de este sistema de cultivo que fueron investigadas, lo que indica que la calidad del agua se vio afectada por la presencia de coliformes totales y fecales producto de las actividades humanas y de otros animales domésticos en la zona.

Durante la cosecha de las granjas Bernardino, Codecan, Herrera Membreño, Edgar Lang, Pimán, Las Brisas, Nicolás Chávez, el agua que drenaron hacia el Estero Real presentó niveles elevados de coliformes fecales y totales en comparación con los niveles permitidos por la USEPA, pero estos valores se vieron drásticamente disminuidos en comparación con los niveles que estas aguas tenían al momento de la cosecha en estas granjas.

También se observó que la granja Bernardino presentó en el agua del estanque al momento de la siembra niveles normales de coliformes totales y fecales pero al momento de la cosecha se observó en el agua concentraciones máximas de coliformes, mientras que Camarones de Morazán presentó valores extremadamente elevados de coliformes fecales y totales en el agua del estanque al momento de la siembra mientras que en el momento de la cosecha se observó en el agua niveles normales de coliformes fecales y totales.

En ninguna de estas granjas se logró detectar la presencia de las bacterias *Salmonella sp*, *Vibrium Cholerae*.

Un 87.5% de las granjas del sistema semi-intensivo lograron disminuir considerablemente las concentraciones de coliformes totales y fecales al momento de la cosecha y un 12.5 % de estas granjas aumentaron a niveles extremadamente altos las concentraciones de coliformes al momento de la cosecha.

### 4.3 Resultados Físico-químicos

#### 4.3.1 Siembra de las granjas

La siguiente tabla, se presentan los resultados de los análisis físico-químicos realizados durante la siembra en las granjas en estudio.

**Tabla 3. Resultados físico químicos del agua en la siembra de los estanques**

Granja/ Sistema de cultivo	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	PO <sub>4</sub> (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Sedimento (MI/L)
<b>Sistema Artesanal</b>								
María Garay	0.134	0.021	0.118	0.205	4.706	182.00	4539	<0.5
Rubén Darío 1	0.874	0.005	0.036	0.117	6.033	186.00	2346	<0.5
Rubén Darío 2	0.241	0.017	0.322	0.020	6.483	170.00	2856	<0.5
<b>Sistema Extensivo</b>								
La Amistad	0.878	0.022	0.029	0.195	5.176	187.00	5355	<0.5
Lucrecia Lindo	0.202	0.005	0.144	0.057	4.744	586.00	4794	0.5
El porvenir	0.589	0.006	0.335	0.010	4.566	184.40	2856	<0.5
<b>Sistema Semi-Intensivo</b>								
Las Brisas	0.328	0.084	0.020	0.012	5.734	176.00	5304	<0.5
Camarones de Morazán	0.273	0.030	0.123	0.088	5.751	204.00	4743	<0.5
Edgar Lang	1.449	0.005	0.013	0.066	4.706	184.00	5406	<0.5
Bernardino	0.823	0.006	0.060	0.062	5.214	179.20	5916	<0.5
Codecan	0.636	0.006	0.045	0.018	5.824	165.20	4386	<0.5
Nicolás Chávez	0.475	0.024	0.042	0.068	5.315	202.00	2652	<0.5
Herrera Membreño	0.461	0.006	0.108	0.082	6.340	202.60	5610	<0.5
Pimán	0.543	0.044	0.115	0.039	6.488	154.00	4896	0.5

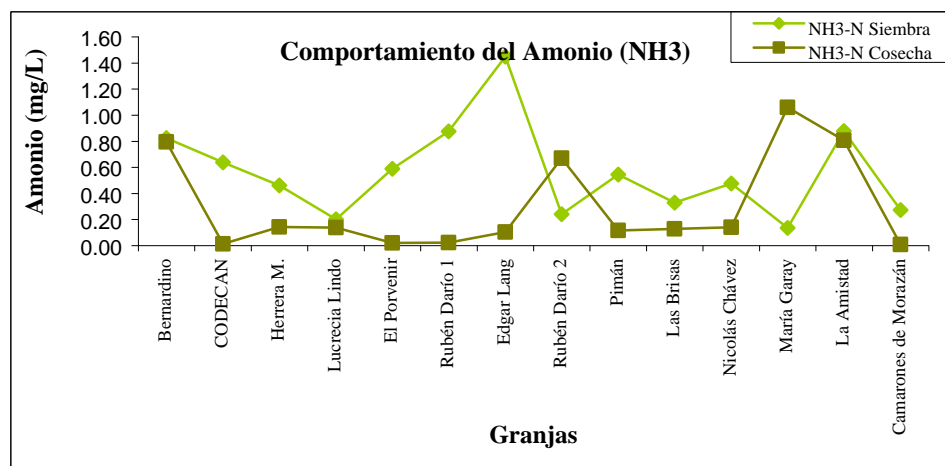
### 4.3.2 Cosecha de las granjas

La siguiente tabla, se presentan los resultados de los análisis físico-químicos realizados durante la cosecha en las granjas en estudio.

**Tabla 4. Resultados físico químicos del agua en la cosecha de los estanques**

Granja/ Sistema de cultivo	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	PO <sub>4</sub> (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Sedimento (MI/L)
<b>Sistema Artesanal</b>								
María Garay	1.058	0.010	0.001	0.076	4.430	224.00	1428.00	0.6
Rubén Darío 1	0.022	0.007	0.265	0.766	3.712	126.00	3366.00	0.0
Rubén Darío 2	0.670	0.018	0.272	0.049	4.758	145.00	3621.00	< 0.5
<b>Sistema Extensivo</b>								
La Amistad	0.806	0.025	0.016	0.031	5.106	146.00	4974.00	< 0.5
Lucrecia Lindo	0.136	0.006	0.004	0.057	4.984	238.00	1499.40	0.8
El porvenir	0.019	0.006	0.023	0.049	3.726	256.00	2784.60	< 0.5
<b>Sistema Semi-Intensivo</b>								
Las Brisas	0.128	0.005	0.002	1.214	4.821	186.00	1642.20	< 0.5
Camarones de Morazán	0.007	0.006	0.017	0.074	3.883	88.00	3315.00	< 0.5
Edgar Lang	0.103	0.005	0.060	0.374	4.476	146.00	6120.00	0.0
Bernardino	0.794	0.006	0.021	0.051	5.546	186.00	3651.60	< 0.5
Codecan	0.013	0.007	0.007	0.078	5.117	86.00	4437.00	< 0.5
Nicolás Chávez	0.139	0.006	0.025	0.057	4.430	130.00	2233.80	< 0.5
Herrera Membreño	0.142	0.007	0.041	0.082	5.016	118.00	1927.80	< 0.5
Pimán	0.116	0.011	0.014	0.053	4.458	244.00	3029.40	< 0.5

### 4.4 Comportamiento de los parámetros físico-químicos en la siembra y la cosecha.

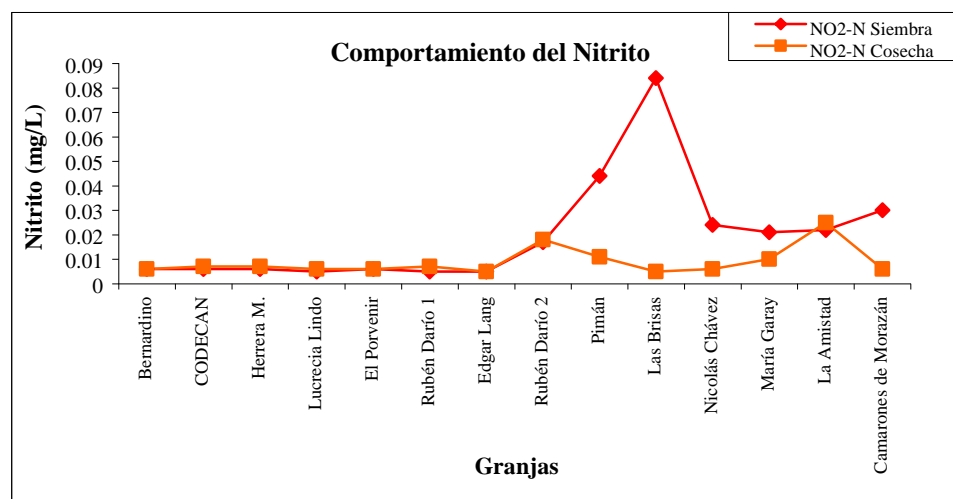


**Gráfico 1. Comportamiento del amonio en la siembra y cosecha de los estanques**

**Amonio:** El amonio tuvo un comportamiento similar tanto en el agua de los estanques en el momento de la siembra como en la cosecha para cada una de las granjas en estudio, sin embargo se pudo observar que los valores más altos siempre predominaron en el agua de los estanques en el

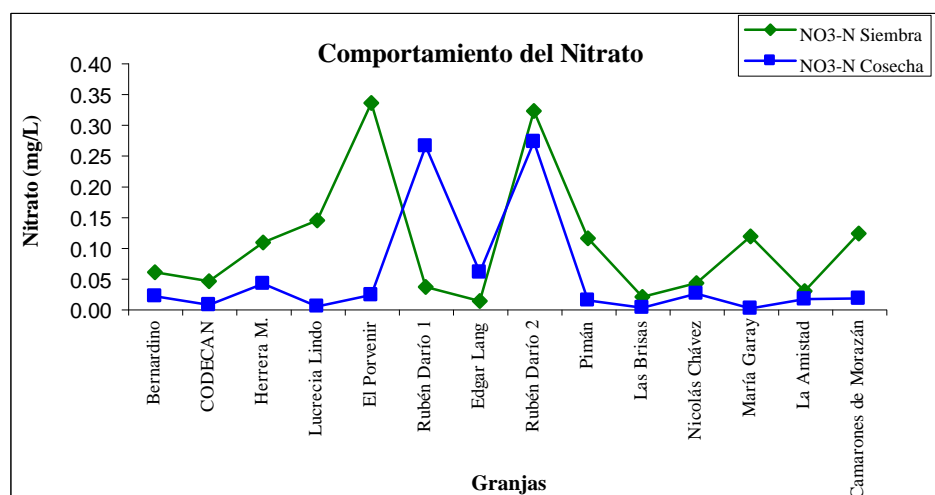
momento de la siembra de los estanques, sobresaliendo un valor pico en la granja Edgar Lang el cual disminuye en la cosecha.

Los valores observados en el agua al momento de la cosecha se mantuvieron bajos ya que éste se considera un metabolito tóxico para el camarón y se debe de tener un control de éste parámetro para evitar el estrés en el camarón por lo que no debe de pasar de 2 mg/L.



**Gráfico 2. Comportamiento del nitrito en la siembra y cosecha de los estanques**

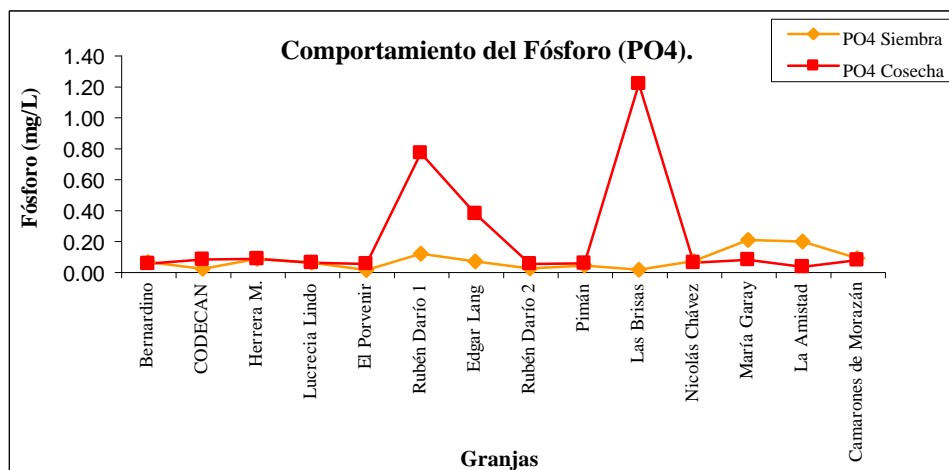
**Nitrito:** En la mayoría de las granjas se observó un comportamiento similar en el agua en el momento de la siembra como en la cosecha, a su vez, se observó un punto pico en la granja las Brisas en el agua en el momento de la siembra no manteniéndose en la cosecha. Sin embargo, a pesar de que la granja emplea un sistema de cultivo semi-intensivo los valores de nitrito no llegaron a 1.0 ó 2.0 mg/L en donde la toxicidad no es un problema para el camarón. El nitrito se considera un metabolito tóxico que puede causar envenenamiento y/o intoxicación en el camarón a través de las branquias a concentraciones mayores a las admisibles (< 0.3 mg/L).



**Gráfico 3. Comportamiento del nitrato en la siembra y cosecha de los estanques**



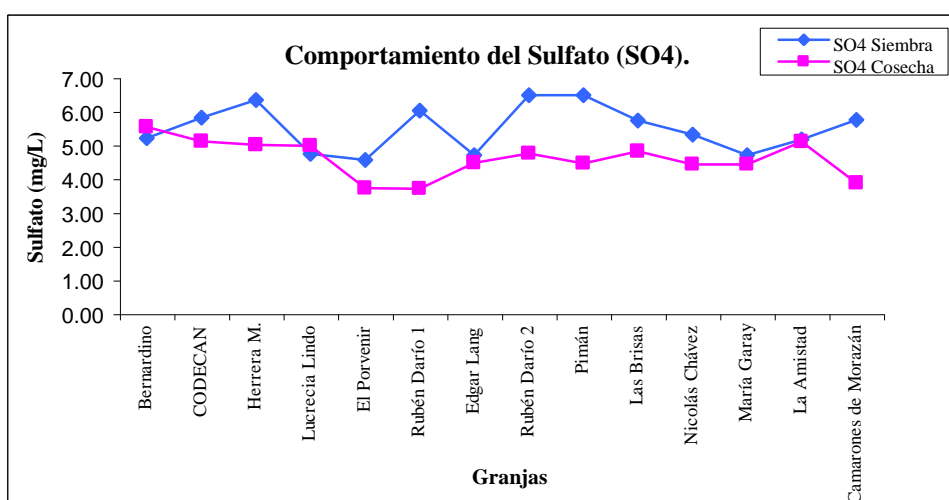
**Nitrato:** El comportamiento de este parámetro fue similar en algunas granjas en el agua de los estanques en el momento de la siembra como en la cosecha, se observaron algunas diferencias en las granjas el Porvenir, Camarones de Morazán y María Garay en donde se apreciaron valores picos en el momento de la siembra los que disminuyeron en la cosecha.



**Gráfico 4. Comportamiento del fósforo en la siembra y cosecha de los estanques**

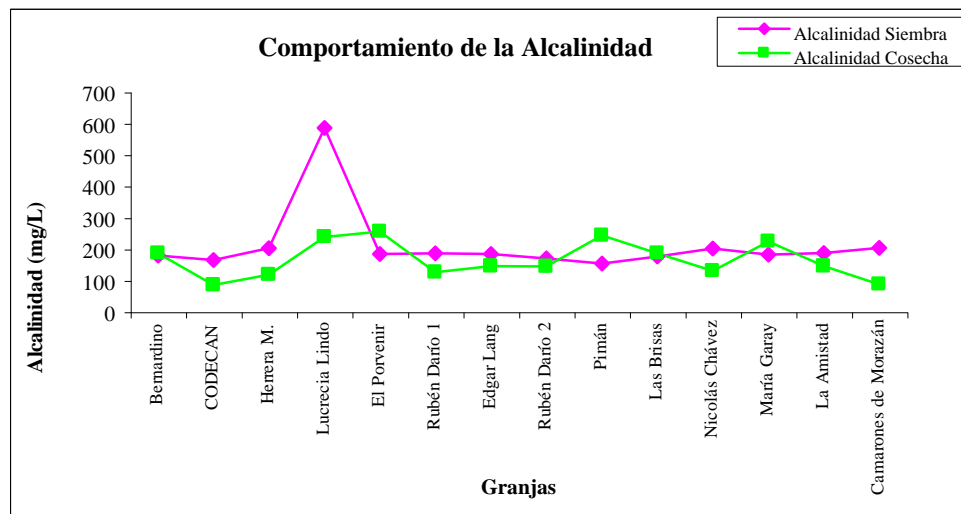
**Fósforo total:** El comportamiento de este parámetro fue similar en la mayoría de las granjas en el agua en el momento de la siembra como en la cosecha, se observaron dos valores picos en el agua al momento de la cosecha el cual corresponde a las granjas Rubén Darío y Las Brisas lo que indica que este parámetro se incrementó lo cual se puede deber al aporte de nutrientes que pueden provenir tanto del agua por adiciones como por la aplicación de alimento y/o fertilizante.

El fósforo junto con el nitrógeno se considera uno de los nutrientes más importantes en los estanques, de su concentración depende el crecimiento óptimo de fitoplancton considerado como el alimento natural para el camarón.



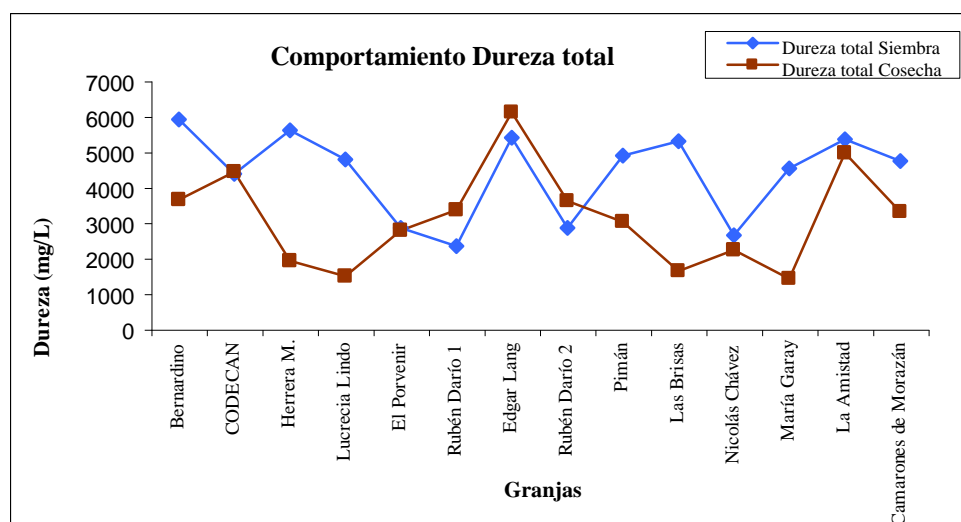
**Gráfico 5. Comportamiento del sulfato en la siembra y cosecha de los estanques**

**Sulfato:** El comportamiento del nutriente fue similar en el agua al momento de la siembra como en la cosecha, los valores se mantuvieron estables, no se observó ningún valor pico.



**Gráfico 6. Comportamiento de la alcalinidad en la siembra y cosecha de los estanques**

**Alcalinidad:** Se observaron valores similares de alcalinidad en el agua al momento de la siembra como en la cosecha, sin embargo se observó un valor pico en la granja Lucrecia lindo en el agua al momento de la siembra, no observándose este comportamiento en la cosecha lo que indica que el agua descargada hacia el Estero presentó una mejor calidad del agua que la inicial. La alcalinidad por lo general debe ser superior a 75 mg/L en estanques de cultivo de camarón.<sup>1</sup>



**Gráfico 7. Comportamiento de la dureza total en la siembra y cosecha de los estanques**

**Dureza total:** En todas las granjas el parámetro tuvo un comportamiento similar en las aguas al momento de la siembra y la cosecha, no observándose diferencias significativas entre granjas.

<sup>1</sup> Boyd, 2000.

La dureza es la concentración total de todos los cationes divalentes, expresada como carbonato de calcio en miligramos por litro, en estanques de cultivo de camarón generalmente no es un factor importante.

#### 4.2.2 Comportamiento de los parámetros físico-químicos por sistema de cultivo

##### a) Sistema Artesanal

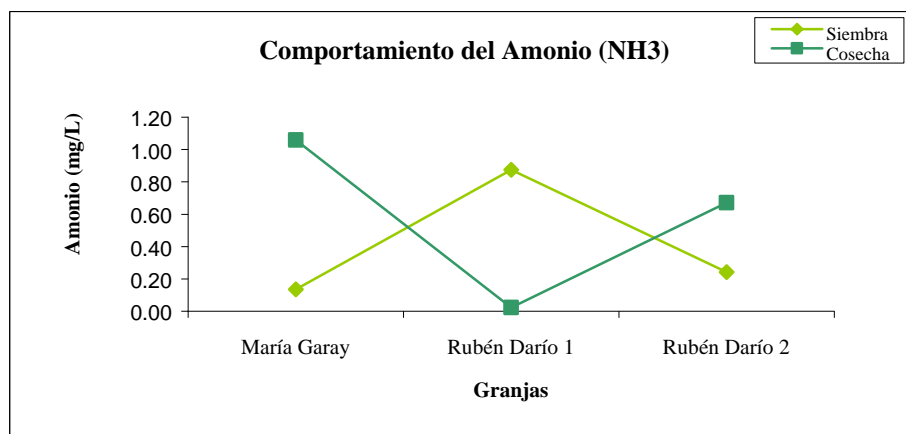


Gráfico 8. Comportamiento del amonio bajo sistema de cultivo artesanal

**Amonio:** Las concentraciones de amonio se mantuvieron similares en el agua al momento de la siembra para las granjas María Garay y Rubén Darío no. 2, no siendo así para la granja Rubén Darío No. 1, a pesar que emplean un mismo sistema de cultivo, durante la cosecha se observó un comportamiento opuesto al de la siembra en las tres granjas considerándose que los valores de amonio fueron más elevados en la cosecha.

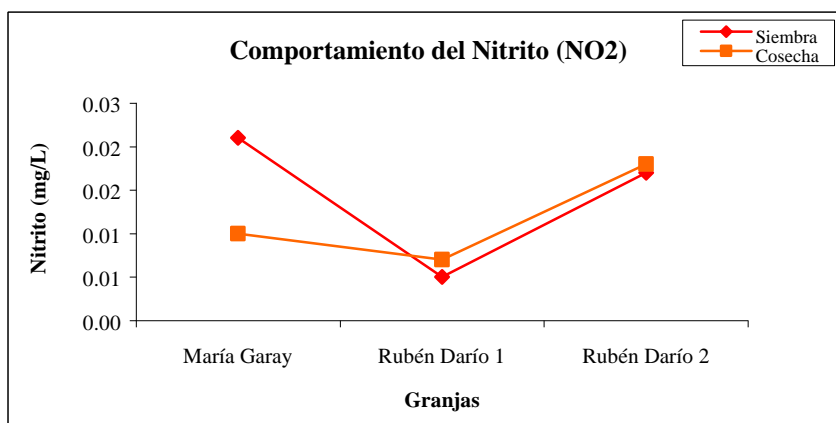
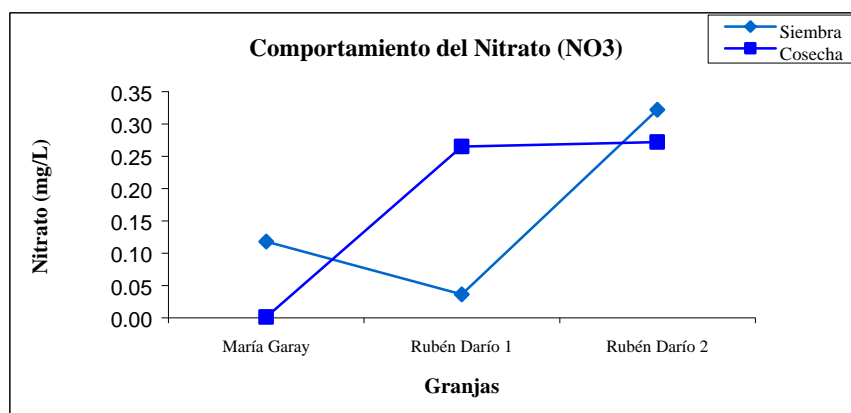


Gráfico 9. Comportamiento del nitrito bajo sistema artesanal

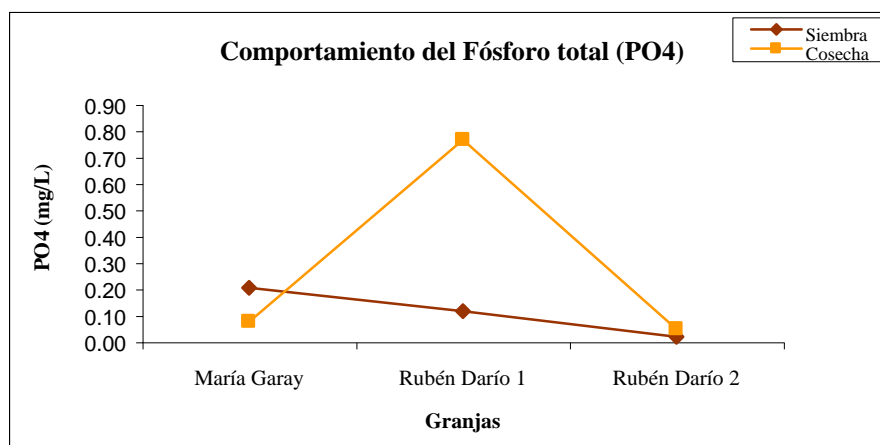
**Nitrito:** El comportamiento de este parámetro se mantuvo similar en el agua al momento de la siembra como en la cosecha para las diferentes granjas que emplearon el mismo sistema de cultivo artesanal.



**Gráfico 10. Comportamiento del nitrato bajo sistema artesanal**

**Nitrato:** Las concentraciones de nitrato fueron menores en el agua al momento de la siembra, en el agua al momento de la cosecha se observaron valores similares en las granjas Rubén Darío no. 1 y no. 2, mientras que en la granja María Garay el comportamiento fue opuesto al de las otras granjas.

Esto nos indica que el 66% del agua drenada al Estero Real presentó un contenido de baja calidad del agua con respecto a la empleada para la siembra de los estanques.



**Gráfico 11. Comportamiento del fósforo total bajo sistema artesanal**

**Fósforo total:** Presentó un comportamiento similar en el agua de todas las granjas que practican el mismo sistema de cultivo, se observó un valor pico en la granja Rubén Darío no. 1 en el agua al momento de la cosecha, lo que indica que este parámetro tuvo un incremento presentando una mayor concentración en el agua que es drenada hacia el Estero Real (efluente). El valor excede la norma de calidad de agua para efluentes de estanques de cultivo de camarón (< 0.5 o igual).<sup>2</sup>

**Sulfato:** No se apreciaron diferencias significativas, el comportamiento fue similar en el agua al momento de la siembra y cosecha de las granjas.

<sup>2</sup> Boyd y Gautier 2000.

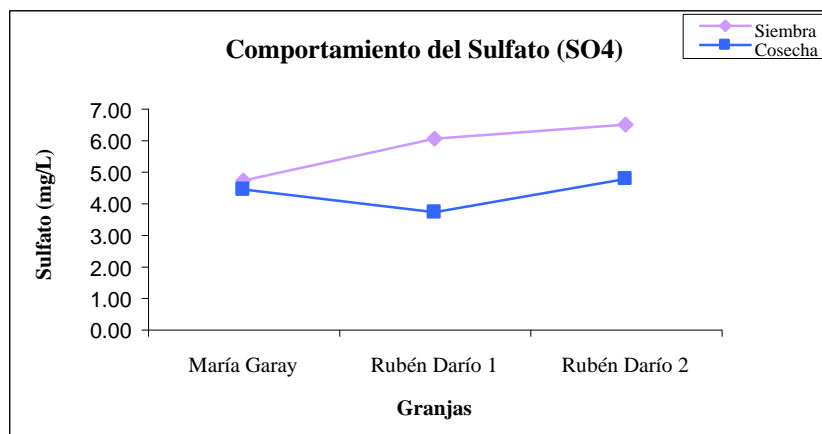


Gráfico 12. Comportamiento del sulfato bajo sistema artesanal

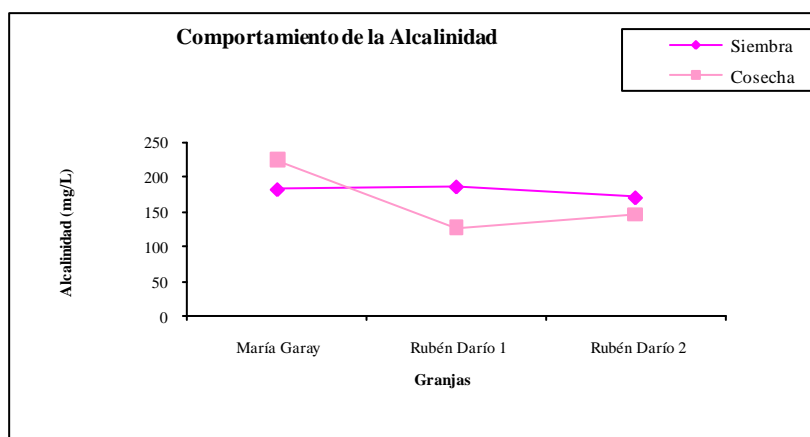


Gráfico 13. Comportamiento de la alcalinidad bajo sistema artesanal

**Alcalinidad:** No se observaron diferencias significativas, el comportamiento fue similar en el agua de las tres granjas que emplearon el mismo sistema de cultivo.

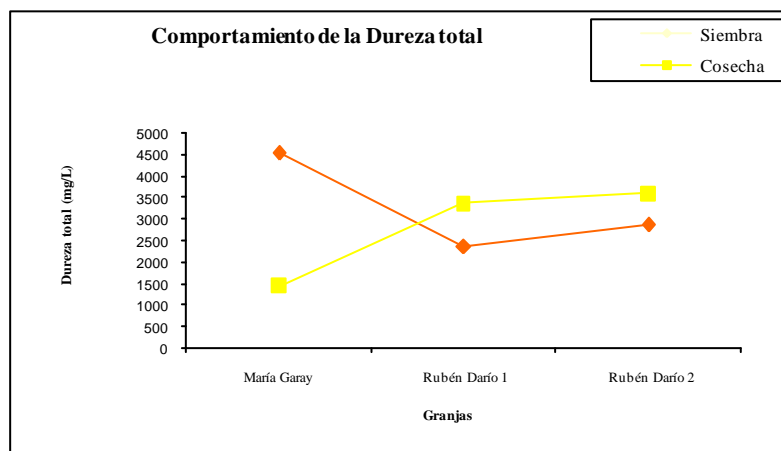
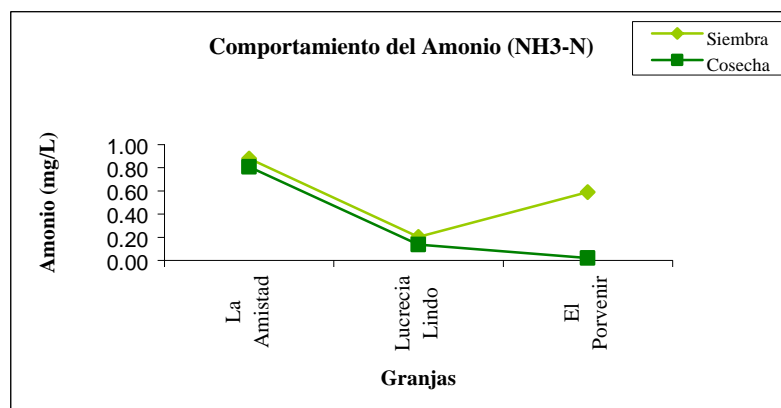


Gráfico 14. Comportamiento de la dureza total bajo sistema artesanal

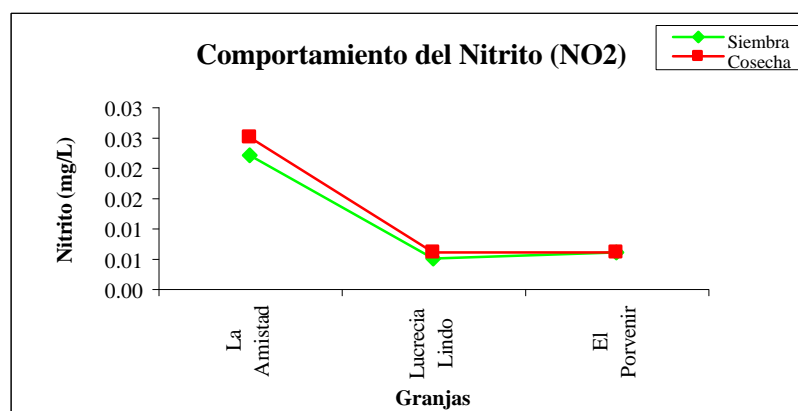
**Dureza total:** El comportamiento de la dureza fue similar en el agua de las tres granjas al momento de la siembra y cosecha. Las aguas del Estero Real se caracterizan por ser aguas duras, sin embargo para estanques de cultivo de camarón no se considera un factor importante.

## b) Sistema de cultivo Extensivo



**Gráfico 15. Comportamiento del amonio bajo sistema extensivo**

**Amonio:** El gráfico presentó un comportamiento similar del amonio en el agua al momento de la siembra y cosecha de las granjas La Amistad y Lucrecia Lindo. Sin embargo se observó un comportamiento diferente en la granja el Porvenir en donde el amonio disminuyó casi a cero en el agua al momento de la cosecha. El amonio puede presentar una concentración alta lo que se considera común debido a las tasas de alimentación y al empleo de fertilizantes a base de amonio<sup>3</sup> que si no se emplea de manera efectiva puede dar origen a concentraciones tóxicas para el camarón.



**Gráfico 16. Comportamiento del nitrito bajo sistema extensivo**

**Nitrito:** no se observaron diferencias significativas en el agua al momento de la siembra y cosecha de los estanques, el comportamiento fue homogéneo en la granja El Porvenir en el agua al momento de la siembra y la cosecha.

<sup>3</sup> Sulfato de amonio

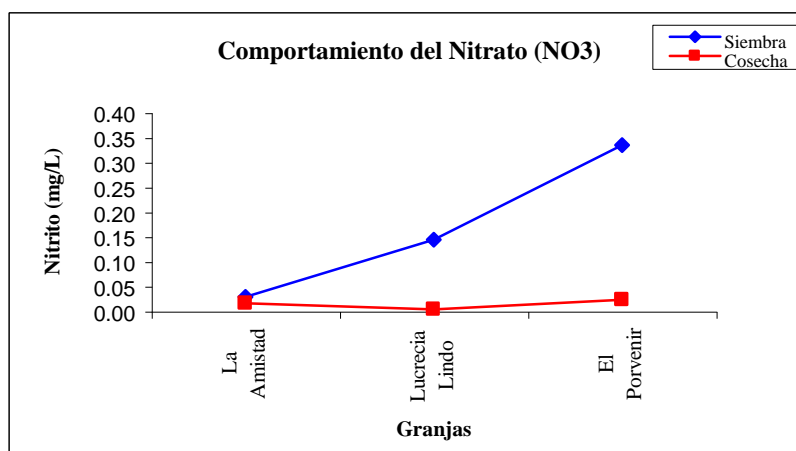


Gráfico 17. Comportamiento del nitrato bajo sistema extensivo

**Nitrato:** Se observaron valores relativamente bajos de nitrato en el agua al momento de la cosecha en comparación con los valores observados en el agua al momento de la siembra. Un 66% de las granjas presentaron valores altos de nitrato en el agua al momento de la siembra disminuyendo considerablemente en la cosecha. Es importante tomar en cuenta que el nitrato se considera un metabolito tóxico para el camarón y se debe de tener control sobre este parámetro.

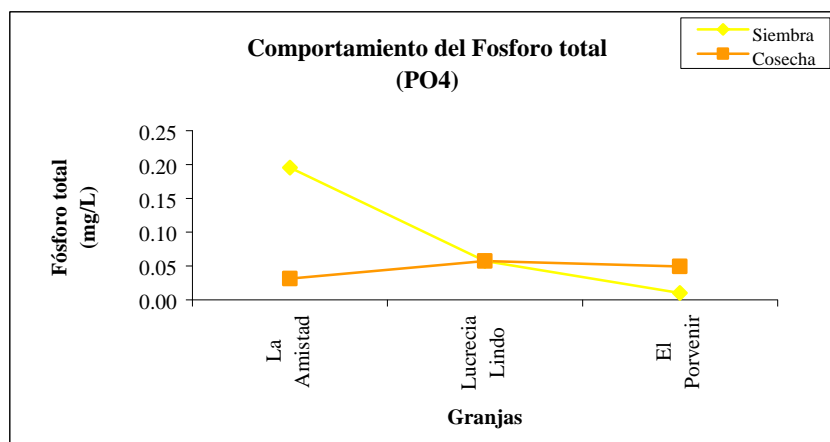


Gráfico 18. Comportamiento del fósforo total bajo sistema extensivo

**Fósforo total:** Se observó en las tres granjas un comportamiento similar en el agua al momento de la cosecha, sin embargo durante la siembra la granja La Amistad presentó un valor pico el cual disminuyó considerablemente durante la cosecha lo que se podría deber al empleo de alimento y fertilizante que contienen en su fórmula Nitrógeno y Fósforo.

**Sulfato:** Presentó un comportamiento homogéneo en las granjas que emplearon el mismo sistema de cultivo y no existen diferencias significativas en el agua que es drenada hacia el estero como en el agua utilizada para llenar los estanques. El rango aceptable de concentración para sulfato<sup>4</sup> en agua de estanques de cultivo es de 500 a 3,000 mg/L (Boyd y Gautier, 2000).

<sup>4</sup> El sulfato es considerado una sustancia inorgánica disuelta.

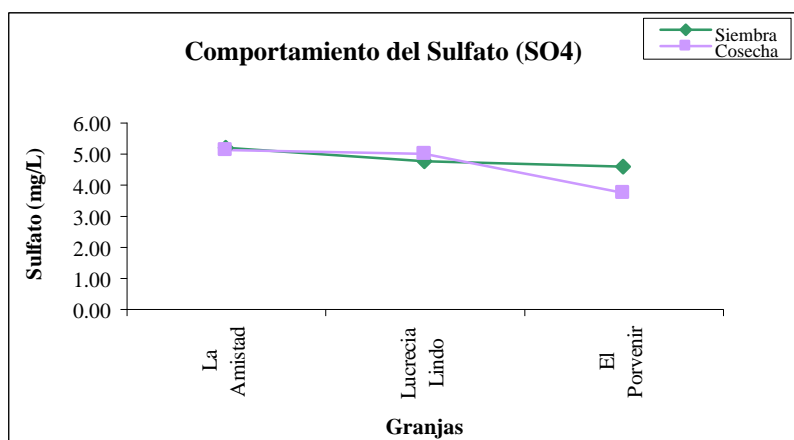


Gráfico 19. Comportamiento del sulfato bajo sistema extensivo

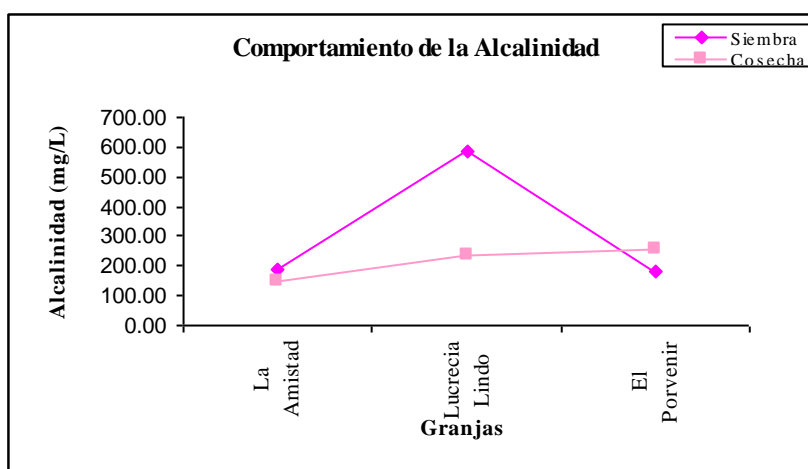


Gráfico 20. Comportamiento de la alcalinidad bajo sistema extensivo

**Alcalinidad:** Presentó un comportamiento homogéneo en el agua al momento de la cosecha de las granjas, sin embargo el comportamiento es diferente en el agua al momento de la siembra observándose un valor pico en la granja Lucrecia Lindo. En estanques de cultivo de camarón se considera un valor de alcalinidad superior a los 75 mg/L.

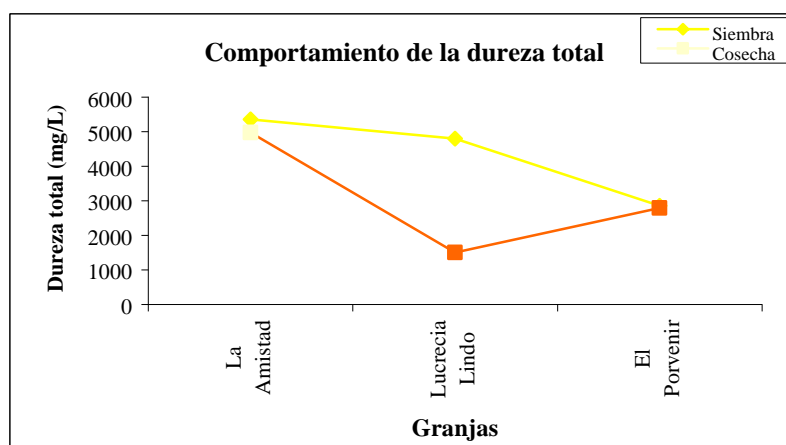


Gráfico 21. Comportamiento de la dureza total bajo sistema extensivo



**Dureza total:** La dureza total presentó una disminución de la concentración en el agua al momento de la cosecha de las granjas. Sin embargo, valores bajos de dureza no representan un factor importante para el cultivo de camarón.

### c) Sistema de cultivo Semi-Intensivo

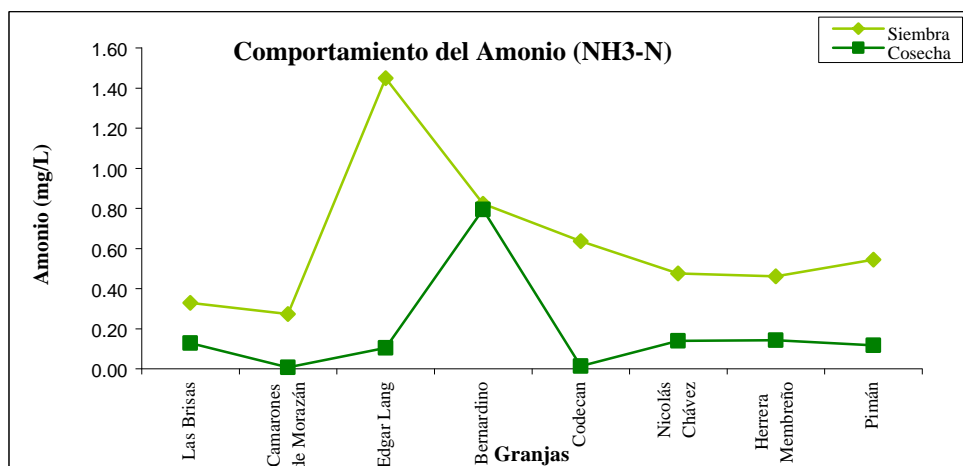


Gráfico 22. Comportamiento del amonio bajo sistema semi-intensivo

**Amonio:** Un 70% de las granjas no presentaron diferencias significativas en la calidad del agua al momento de la siembra y cosecha de los estanques. Las granjas Edgar Lang y Bernardino Díaz fueron las únicas que presentaron valores picos en el agua en el momento de la siembra y cosecha respectivamente.

La calidad del agua no se vio afectada por el amonio, es decir que el agua utilizada para llenar los estanques y la drenada hacia el Estero Real presentó concentraciones de amonio similares. El amonio debería de tener un valor de 2.0 mg/L para evitar el estrés en el camarón.

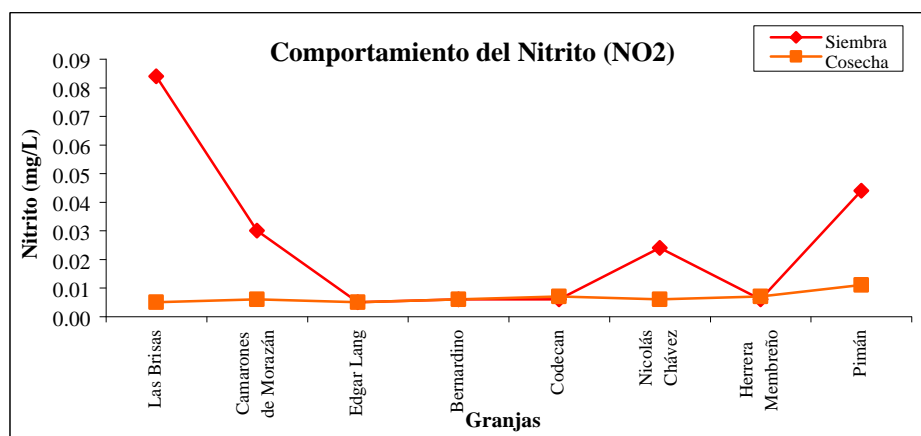
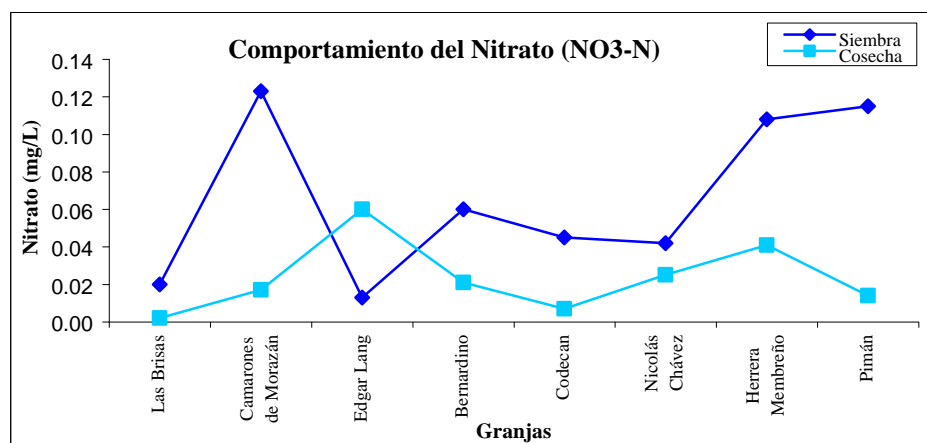


Gráfico 23. Comportamiento del nitrito bajo sistema semi-intensivo

**Nitrito:** La granja Las Brisas presentó un valor pico en el agua al momento de la siembra, durante la cosecha los valores de nitrito en el agua fueron casi homogéneos en todas las granjas que emplearon el mismo sistema de cultivo, es decir que cerca del 100% las granjas presentaron concentraciones de nitrito relativamente bajas, solamente un 50% de las granjas presentaron valores altos en el agua al

momento de la siembra en comparación con la cosecha. El nitrito a elevadas concentraciones se combina con la hemocianina en la sangre de los camarones y reduce drásticamente la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.

En cultivos semi-intensivos es muy raro encontrar valores de nitrito superiores a 1 ó 2 mg/L y la toxicidad no es un problema (Boyd, 2000:27).



**Gráfico 24. Comportamiento del nitrato bajo sistema semi-intensivo**

**Nitrato:** Los valores de nitrato fueron mayores en el agua al momento de la siembra, disminuyendo al momento de la cosecha. Las granjas Camarones de Morazán, Herrera Membreño y Pimán presentaron las concentraciones más altas lo que representa un 38% del total de las granjas en estudio los que a su vez disminuyeron en el momento de la cosecha.

Se considera que la calidad del agua drenada hacia el Estero Real fue de mejor calidad con respecto al agua que utilizada para llenar los estanques de cultivo de camarón, a pesar de que los valores observados tanto en la siembra como en la cosecha se encontraron dentro de los valores aceptables. Según Boyd y Gautier los rangos aceptables de nitrato oscila entre 0.2 – 10 mg/L para estanques de cultivo de camarón.

Cabe señalar que los nitratos provienen en parte del uso de fertilizantes químicos<sup>5</sup> los cuales se disuelven en el agua y liberan nitrógeno y fósforo. El nitrógeno inorgánico es disuelto en agua primero como nitrógeno amonio y nitrato. Por tanto, es importante aplicar cantidades apropiadas y necesarias de fertilizantes en estanques de cultivo de camarón considerando el área del estanque, densidad de siembra y la generación de desechos.

**Fósforo total:** El fósforo total no presentó diferencias significativas en el agua de los estanques al momento de la siembra y cosecha a excepción de la granja Las Brisas y Edgar Lang en donde se observó un valor pico durante la cosecha, lo que constituye un 25% del total de las granjas que emplean el mismo sistema de cultivo. Según Boyd y Gautier el fósforo total deberá de tener una concentración  $\leq 0.3$  mg/L para efluentes de estanques de cultivo de camarón, lo que indica que los valores de las granjas Las Brisas y Edgar Lang superan la norma establecida por la Alianza para la Acuicultura Global (GAA)<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Urea, superfosfato simple, fosfato diamónico, mezclas, etc.

<sup>6</sup> Boyd, 2000:280.

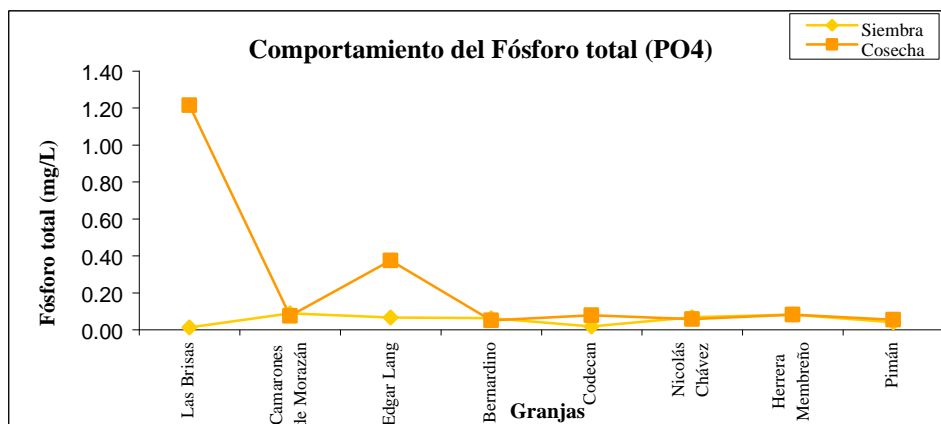


Gráfico 25. Comportamiento del fósforo total bajo sistema semi-intensivo

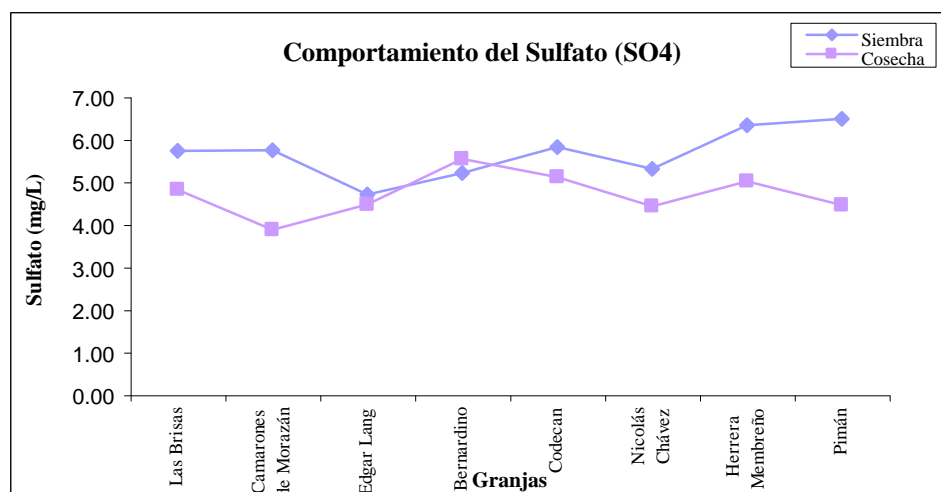


Gráfico 26. Comportamiento del sulfato bajo sistema semi-intensivo

**Sulfato:** No se observaron diferencias significativas en el agua de los estanques en el momento de la siembra y la cosecha. Los valores de sulfato se mantuvieron estables para las diferentes granjas que emplearon el mismo sistema de cultivo.

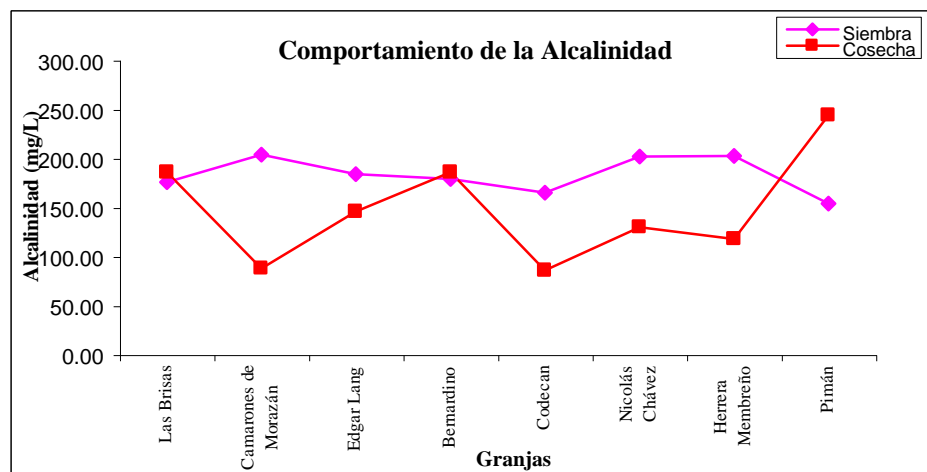
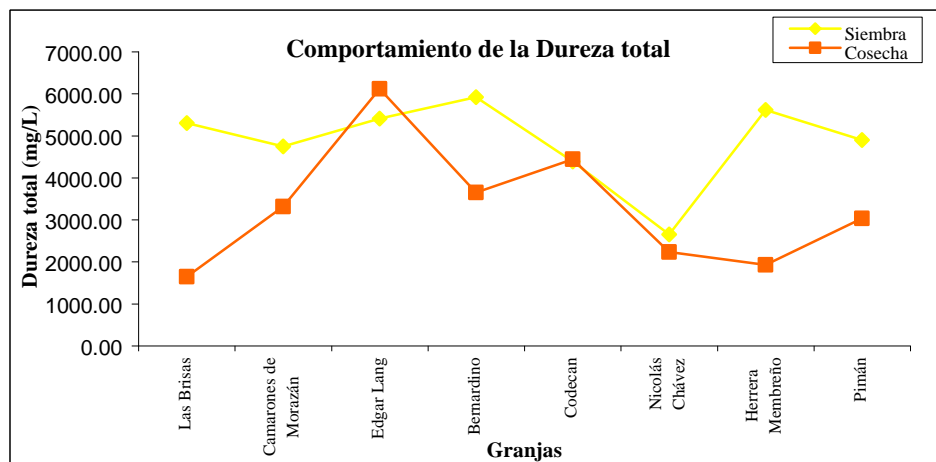


Gráfico 27. Comportamiento de la alcalinidad bajo sistema semi-intensivo

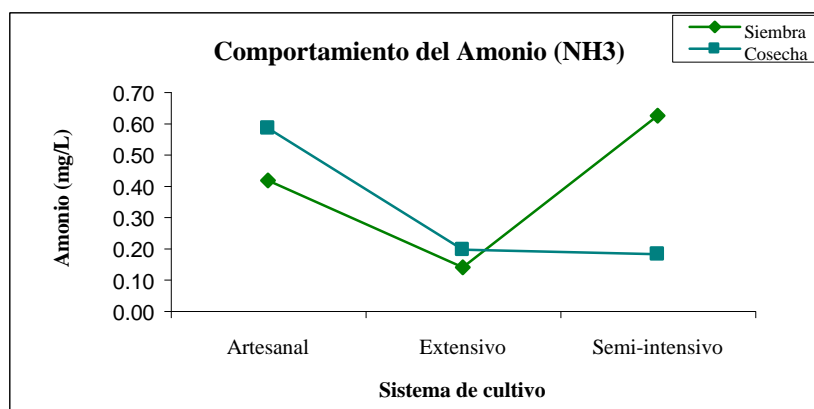
**Alcalinidad:** Los valores de alcalinidad disminuyeron en el agua de los estanques en el momento de la cosecha para la mayoría de las granjas. La alcalinidad es la concentración total de bases en el agua, para estanques de cultivo de camarón debe ser superior a 75 mg/L.



**Gráfico 28. Comportamiento de la dureza total bajo sistema semi-intensivo**

**Dureza:** Los valores de dureza disminuyeron en el agua de los estanques al momento de la cosecha en comparación con la siembra de los estanques. La dureza no se considera un factor importante para el cultivo de camarón.

#### 4.2.3 Concentraciones promedio de los diferentes sistemas de cultivo



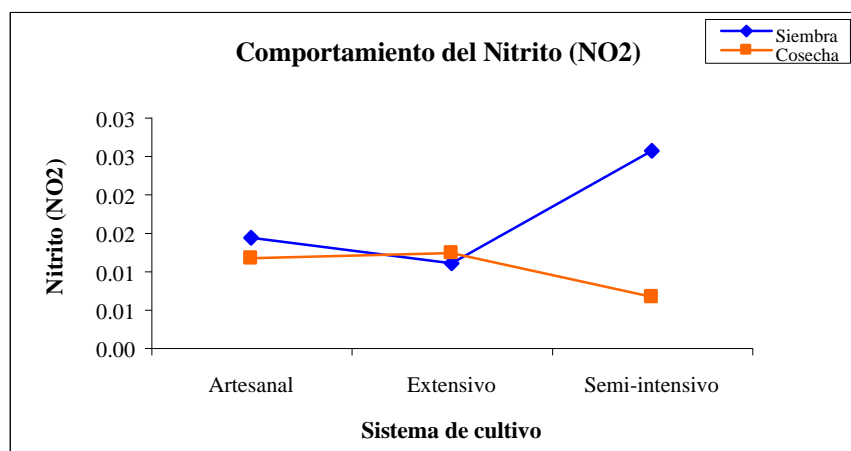
**Gráfico 29. Comportamiento del amonio con relación a los sistemas de cultivo**

**Amonio:** El sistema extensivo no presentó diferencias significativas entre el agua utilizada para llenar los estanques y la drenada al Estero Real, lo que indica que el 64% de las granjas mantuvieron la misma calidad del agua.

El sistema artesanal presentó valores de amonio más altos en el agua de los estanques al momento de la cosecha. El 67% de las granjas presentaron valores de amonio altos

El sistema semi-intensivo presentó diferencia significativa, siendo altos los valores de amonio en el agua de los estanques en el momento de la siembra y bajos en el momento de la cosecha, es decir que la calidad del agua drenada hacia el Estero Real se encontró en mejores condiciones que la del

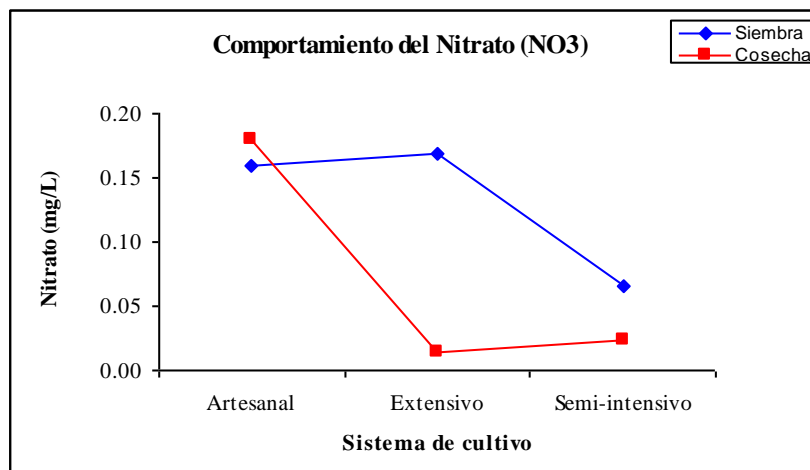
agua que se bombeó del Estero Real para llenar los estanques.



**Gráfico 30. Comportamiento del nitrito con relación a los sistemas de cultivo**

**Nitrito:** Los sistemas artesanal y extensivo no presentaron diferencias significativas en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha.

El sistema semi-intensivo presentó diferencias significativas en el agua de los estanques al momento de la siembra y cosecha. El 50% de las granjas presentaron valores de nitritos altos en el agua de los estanques al momento de la siembra los cuales disminuyeron en la cosecha. La calidad del agua drenada hacia el Estero Real fue mejor que la utilizada para llenar los estanques.



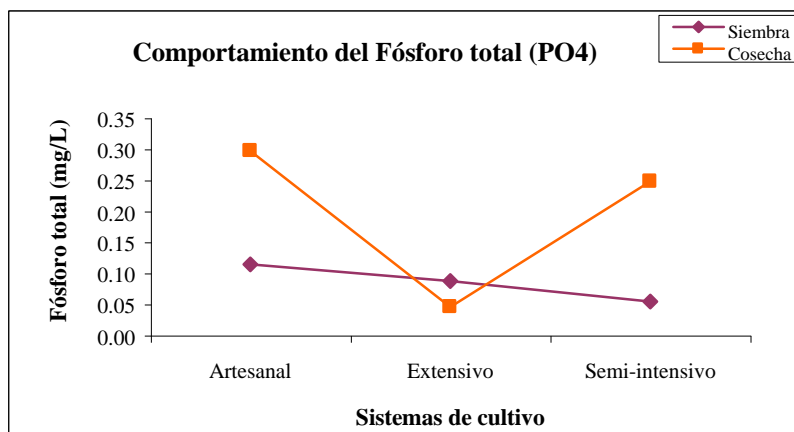
**Gráfico 31. Comportamiento del nitrato con relación a los sistemas de cultivo**

**Nitrato:** El sistema artesanal no presentó diferencias significativas entre los valores de nitrato observados en el agua de los estanques en el momento de la siembra y la cosecha.

El sistema semi-intensivo presentó una pequeña diferencia en el agua de los estanques al momento de la siembra con respecto a la cosecha. El 38% de las granjas presentaron valores picos de nitrato durante la siembra.

La calidad del agua drenada hacia el Estero Real para los sistemas extensivo y semi-intensivo fue mejor que la utilizada para llenar los estanques de cultivo.

El sistema extensivo presentó diferencias en los valores de nitrato en el agua al momento de la siembra y la cosecha. Las granjas Lucrecia Lindo y El Porvenir presentaron los valores más altos, constituyendo el 67% del total. Sólo un 33% no presentó diferencias significativas en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha.



**Gráfico 32. Comportamiento del fósforo total con relación a los sistemas de cultivo**

**Fósforo total:** El sistema artesanal, extensivo y semi-intensivo mantuvo valores similares de fósforo total en el agua de los estanques al momento de la siembra.

El sistema artesanal presentó diferencias significativas. La granja Rubén Darío no. 1 presentó diferencias de fósforo total en el agua al momento de la cosecha, las granjas María Garay y Rubén Darío no. 2 no presentaron diferencias significativas de fósforo total en el agua al momento de la siembra y cosecha de los estanques.

La granja Rubén Darío no. 1 presentó valores de fósforo total en el agua al momento de la cosecha mayores que los observados en el momento de la siembra. La calidad del agua en la cosecha se vio afectada por un incremento en los valores de fósforo total que excedieron la norma de calidad de agua para efluentes de estanques de cultivo de camarón.

El sistema extensivo presentó valores de fósforo total mayores en el agua de los estanques en el momento de la siembra los cuales disminuyeron en la cosecha.

El sistema semi-intensivo presentó una marcada diferencia de fósforo total en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha. Un 75% de las granjas presentaron valores similares de fósforo total en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha. Sin embargo, la granja Las Brisas fue la única granja que presentó una concentración de 1.20 mg/L de fósforo total en el agua del estanque al momento de la cosecha el cual excede al valor establecido por la Alianza para la Acuicultura Global (GAA).

Se observó que la calidad del agua en el sistema semi-intensivo fue mejor en el agua utilizada para llenar los estanques que la drenada hacia el Estero Real debido al empleo de fertilizantes químicos y alimento que contienen en su fórmula química fósforo.

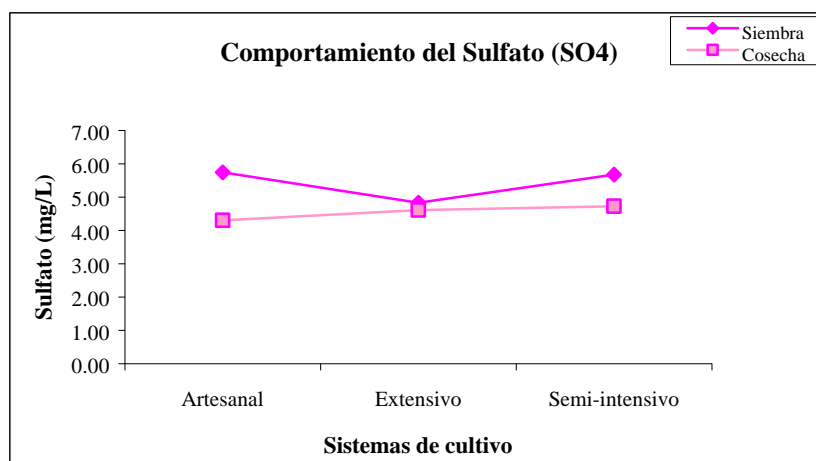


Gráfico 33. Comportamiento del sulfato con relación a los sistemas de cultivo

**Sulfato:** Se observó en el sistema artesanal diferencia en la concentración de sulfato en el agua de los estanques al momento de la siembra. El 67% de las granjas presentaron valores mayores al momento de la cosecha. Sólo la granja María Garay no presentó diferencia significativa en los valores de sulfato en el agua de los estanques en el momento de la siembra y la cosecha.

El sistema extensivo no presentó diferencia en la concentración de sulfato en el agua de los estanques en el momento de la siembra y cosecha de los estanques. Se considera que la calidad del agua utilizada para llenar los estanques como la drenada hacia el Estero Real fue la misma.

El sistema semi-intensivo no presentó diferencias significativas. Las ocho granjas presentaron un comportamiento similar, los valores de sulfato no tuvieron variación en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha. La calidad del agua no se vio afectada por el sulfato, todos los valores observados se encontraron dentro del valor normal, considerándose por lo tanto que la calidad del agua fue la misma tanto al momento de la siembra como en la cosecha.

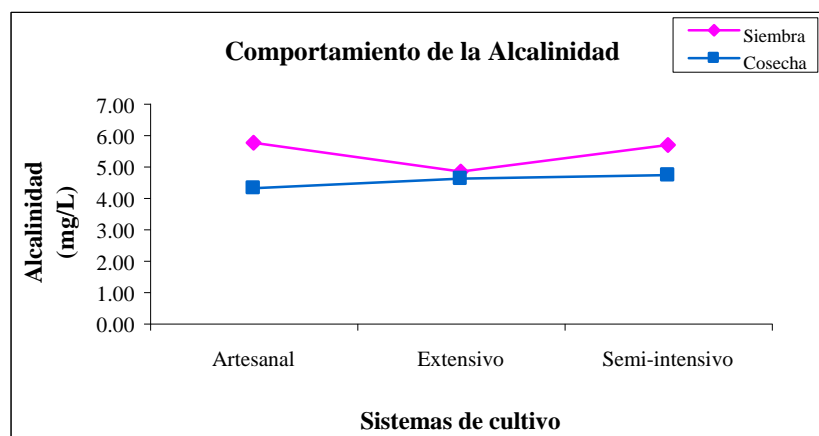
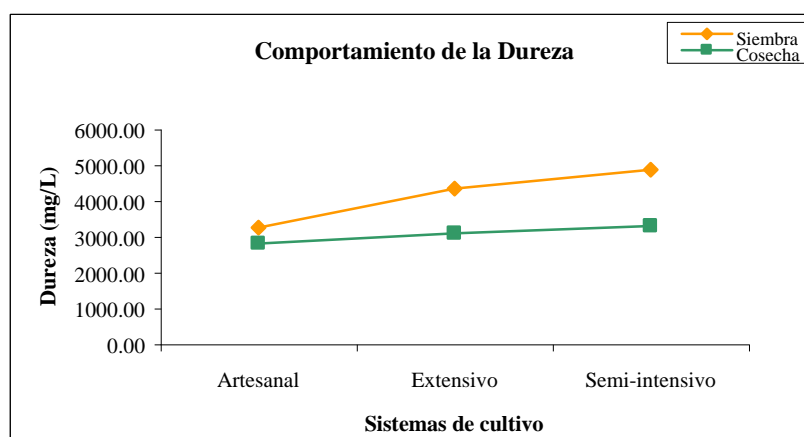


Gráfico 34. Comportamiento de la alcalinidad con relación a los sistemas de cultivo

**Alcalinidad:** En el sistema artesanal se presentó un incremento en la concentración de alcalinidad en el agua de los estanques en el momento de la siembra en las granjas Rubén Darío no. 1 y Rubén Darío no. 2, no siendo así para la granja María Garay. Sin embargo la calidad del agua en el momento de la siembra y cosecha no se vio afectada por la alcalinidad ya que los valores observados se encontraron dentro del valor normal.

El sistema extensivo no presentó diferencia de alcalinidad en el agua de los estanques en el momento de la siembra y cosecha a pesar que se observó un valor pico en la granja Lucrecia Lindo en el agua del estanque al momento de la siembra, el cual disminuyó en la cosecha. El 67% de las granjas disminuyeron la concentración de alcalinidad en el agua de los estanques al momento de la cosecha.

Un 75% de las granjas bajo sistema semi-intensivo disminuyeron la concentración de alcalinidad en el agua de los estanques al momento de la cosecha. Un 63% de las granjas presentaron una concentración de alcalinidad en el agua de los estanques al momento de la siembra mayor que en el momento de la cosecha. Sin embargo, para estanques de cultivo de camarón la alcalinidad debe ser superior a 75 mg/L por lo que la alcalinidad del agua observada en el momento de la siembra y la cosecha se mantuvo en las mismas condiciones.



**Gráfico 35. Comportamiento de la dureza total con relación a los sistemas de cultivo**

**Dureza:** El comportamiento observado de la dureza total en las granjas bajo sistema artesanal fue similar en el agua de los estanques al momento de la siembra como en la cosecha.

En el sistema extensivo y semi-intensivo las granjas presentaron una disminución de la dureza total en el agua de los estanques al momento de la cosecha.

La calidad del agua en el momento de la siembra y cosecha de los estanques fue la misma, las aguas del Estero Real se caracterizan por ser aguas duras producto de las actividades de la zona. Valores bajos de dureza no representan un factor importante para el cultivo de camarón.



## V. CONCLUSIONES

Se analizó el comportamiento de los nutrientes y metabolitos tóxicos en catorce granjas de cooperativas ubicadas en la parte este del Estero Real. Las granjas seleccionadas emplearon diferentes sistemas de cultivo: artesanal, extensivo, semi-intensivo.

### **Sistema artesanal**

En el sistema artesanal las aguas que se vertieron al Estero Real estaban más cargadas de coliformes totales y fecales que las aguas que se ocuparon para llenar los estanques.

Un 67% de las granjas presentaron valores de amonio altos en el agua de los estanques al momento de la cosecha en comparación con los valores de amonio en el agua al momento de la siembra de los estanques. Sin embargo, los valores no pasaron el valor normal inicial y objetivo propuesto por la Alianza para la Acuicultura Global.

El nitrato y nitrito (considerados nutriente y metabolito tóxico respectivamente) no presentaron diferencias significativas en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha.

Se observó diferencia significativa de fósforo total en el agua de los estanques al momento de la cosecha en la granja Rubén Darío no. 1 (0.77 mg/L) el cual pasa el valor normal inicial y objetivo propuesto por la GAA. El resultado obtenido en la investigación resulta ser un dato curioso debido a que en un sistema artesanal no hay suministro de alimento ni fertilizante artificial, siendo la única fuente de alimento el alimento natural.

Un 67% de las granjas presentaron valores de sulfato y alcalinidad mayor en el agua de los estanques en el momento de la siembra los cuales disminuyeron en el momento de la cosecha. La granja María Garay no presentó diferencias en el agua de los estanques en el momento de la siembra y cosecha.

Un 100% de las granjas presentaron un comportamiento similar de dureza total en el agua de los estanques en el momento de la siembra y la cosecha.

Los valores de nitrito, nitrato, sulfato y dureza no presentaron diferencias significativas por lo que se puede decir que la calidad del agua fue la misma al momento de la siembra y cosecha de los estanques durante el período de la investigación. La calidad del agua en el efluente (Estero Real) se vio afectada por un incremento en las concentraciones de fósforo total a pesar de que el sistema no contempla el uso de alimento y fertilizante artificial.

### **Sistema extensivo**

En el sistema extensivo el agua que se drenó al Estero Real en su mayoría estaban menos cargadas de coliformes totales y fecales que el agua que se usó para llenar los estanques.

No se observó diferencia en los valores de amonio entre el agua utilizada para llenar los estanques y la drenada hacia el Estero Real, lo que indica que el 64% de las granjas mantuvieron la misma calidad del agua.

Cerca del 100% de las granjas mantuvieron valores similares de nitrito en el agua de los estanques al momento de la siembra y cosecha de los estanques, manteniéndose la misma calidad del agua.

El 67% de las granjas presentaron valores de nitrato altos en el agua de los estanques al momento de la siembra, el 33% de las granjas no presentaron diferencias en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha. La calidad del agua fue mejor en el momento de la cosecha que en la siembra.

Los valores de fósforo total fueron mayores en el agua de los estanques al momento de la siembra, siendo mejor la calidad del agua del efluente.

No se observó diferencia significativa de sulfato en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha, la calidad del agua se consideró la misma.

El 67% de las granjas disminuyeron los valores de alcalinidad y casi el 100% de las granjas disminuyeron los valores de dureza total en el agua de los estanques al momento de la cosecha.

Se observó que la calidad del agua descargada hacia el efluente fue mejor que la utilizada para llenar los estanques de cultivo de camarón, los nutrientes y metabolitos tóxicos se mantuvieron dentro de los valores normales.

### **Sistema semi-intensivo**

En el sistema semi-intensivo las aguas que se vertieron al Estero Real en su mayoría estaban menos cargadas de coliformes totales y fecales que las que se usaron al momento de la llena.

Un 100% de las granjas mantuvieron valores de amonio altos en el agua de los estanques al momento de la siembra.

El 50% de las granjas presentaron valores de nitrito altos en el agua de los estanques al momento de la siembra.

El 38% de las granjas presentaron valores picos de nitrato (Camarones de Morazán, Herrera Membreño y Pimán) en el agua de los estanques al momento de la siembra.

El 75% de las granjas disminuyeron los valores de alcalinidad en el agua de los estanques en el momento de la cosecha y el 100% de las granjas disminuyeron los valores de dureza total en el agua de los estanques en el momento de la cosecha.

No se observó diferencia en los valores de sulfato en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha. La calidad del agua fue la misma.

El 75% de las granjas presentaron valores similares de fósforo total en el agua de los estanques al momento de la siembra y la cosecha; sin embargo la granja Las brisas presentó un valor pico en el momento de la cosecha el cual excedió el valor establecido por la Alianza para la Acuicultura Global.

## Conclusión General

Se puede observar en el estudio que la calidad del agua fue mejor en el momento de la cosecha que en la siembra desde el punto de vista físico-químico y microbiológico para un ciclo de cultivo en las catorce granjas que se sometieron a estudio. Los parámetros presentaron un incremento en el momento de la siembra pero disminuyeron en el momento de la cosecha, cabe señalar que estos valores siempre se mantuvieron dentro de los valores normales para estanques de cultivo de camarón a excepción del fósforo total lo cual es debido a que la muestra de agua fue tomada en días de aplicación de alimento en una de las granjas bajo sistema semi-intensivo.

## VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. et al 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20 Th Edition. Estados Unidos.

ARREDONDO. J. L 1998. *Calidad de Agua en Acuicultura. Conceptos y Aplicaciones*. 1ra. Edición. México, D.F.

BOYD E. C. et al 2001. *Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica*. UCA. 1ra. Edición. Managua, Nicaragua.

COLLINS, C. y Lyne, P. 1976. *Microbiological Methods*. Cuarta edición. Estados Unidos.

SABORÍO, A. 2001. *La Camaronicultura en Nicaragua*. Centro de Investigación del Camarón Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.

SABORÍO, A. 2000. *Cooperativas camaroneras: Un enfoque del desarrollo 1995-2000*. Centro de Investigación del Camarón. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.